

Docket No.: 50212-227

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Hideyuki IJIRI, et al.

Serial No.: 09/843,838

Filed: April 30, 2001

For: METHODS OF MAKING PREFORM AND OPTICAL FIBER

:
:
:
:
: Group Art Unit: 2874
:
: Examiner:
:

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Honorable Commissioner for Patents and Trademarks
Washington, D. C. 20231

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following application:

Japanese Patent Application No. 10-308678,

Filed October 29, 1998

A copy of the priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Stephen A. Becker
Registration No. 26,527

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 SAB:ykg
Date: August 21, 2001
Facsimile: (202) 756-8087

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

50212-227
APRIL 30, 2001
IJIRI, ET AL.
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

1998年10月29日

出願番号

Application Number:

平成10年特許願第308678号

出願人

Applicant(s):

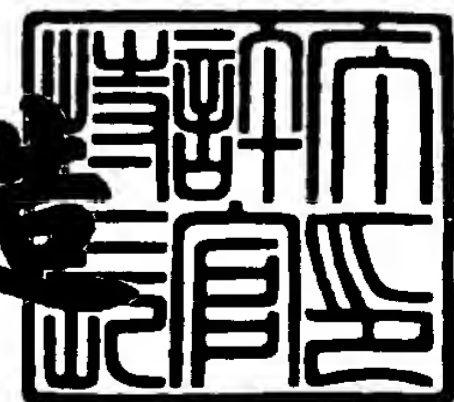
住友電気工業株式会社



2001年 6月13日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3055242

【書類名】 特許願

【整理番号】 098Y0410

【提出日】 平成10年10月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/22
C03B 23/20

【発明の名称】 分散補償ファイバの製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 井尻 英幸

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 内山 幸一

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 弾塚 俊雄

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社 横浜製作所内

 【氏名】 柏田 智徳

【特許出願人】

 【識別番号】 000002130

 【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100094318

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 行一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9810286

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償ファイバの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくともゲルマニウムが添加された石英ガラス系のコアと、前記コアの外周に設けられた石英ガラス系のクラッドとを有する分散補償ファイバの製造方法において、

コアロッド部材を第 1 クラッドチューブ部材に挿入し、熱源で加熱し一体化して第 1 コラプス体を形成する第 1 の工程と、

前記第 1 コラプス体を延伸した後、第 2 クラッドチューブ部材に挿入し、熱源で加熱し一体化して第 2 コラプス体を形成する第 2 の工程と、

前記第 2 コラプス体の外周にジャケット層を合成して、プリフォームを形成する第 3 の工程と、

前記プリフォームを線引してファイバ化する第 4 の工程とを少なくとも有することを特徴とする分散補償ファイバの製造方法。

【請求項 2】 前記第 1 の工程の終了時において、前記第 1 コラプス体の外径が、前記第 1 コラプス体の前記コアに相当する部分の外径の 4.5 倍以上 6.5 倍以下であることを特徴とする請求項 1 記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項 3】 前記第 2 の工程の終了時において、前記第 2 コラプス体の外径が、前記第 2 コラプス体の前記コアに相当する部分の外径の 1.4 倍以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項 4】 前記第 1 の工程において用いられる前記熱源は、電気ヒータであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項 5】 前記第 1 の工程において用いられる前記熱源は、 H_2 、 CH_4 または C_3H_8 などの燃料、及び、 O_2 または空気、を用いた火炎であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項 6】 前記第 2 の工程において、延伸した第 1 コラプス体の外周の厚さ 1.0 mm 以上 2.5 mm 以下の部分を HF 溶液でエッチングした後、前記

第2クラッドチューブ部材に挿入することを特徴とする請求項5記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項7】 前記第2の工程において用いられる前記熱源は、電気ヒータであることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項8】 前記第2の工程において用いられる前記熱源は、 H_2 、 CH_4 または C_3H_8 などの燃料、及び、 O_2 または空気、を用いた火炎であることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項9】 前記第1クラッドチューブ部材は、フッ素が所定量添加された石英ガラスからなることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項10】 前記第2クラッドチューブ部材は、フッ素が所定量添加された石英ガラスからなることを特徴とする請求項9記載の分散補償ファイバの製造方法。

【請求項11】 前記第2クラッドチューブ部材は、純石英ガラスまたは塩素が所定量添加された石英ガラスからなることを特徴とする請求項9記載の分散補償ファイバの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送系の波長分散等を補償するための分散補償ファイバの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

シングルモード光ファイバによる光伝送においては、材料分散（光ファイバの材料に固有の屈折率の波長依存性による分散）と構造分散（伝搬モードの群速度の波長依存性による分散）との和で表される分散（波長分散）によって、一定のスペクトル幅を有する光パルスのパルス形状が伝送によって崩れてしまうという問題が生じる。このような問題に対し、光伝送による分散を補償するものとして

、分散補償ファイバが用いられている（例えば特開平9-127354号）。

【0003】

このような分散補償ファイバの構造は、波長1.55 μm 帯において負の分散の絶対値を大きくして高効率な分散補償を実現するため、シングルモード光ファイバなどに比べて（1）コア／クラッドの屈折率差が大きく、かつ、（2）コア径が小さくなるように形成される。例えば、（1）のコア／クラッドの屈折率差については、通常のシングルモード光ファイバでの比屈折率差が0.35%程度であるのに対して、分散補償ファイバにおいては2.5～3.0%程度に設定される。また、（2）のコア径については、通常のシングルモード光ファイバでのコア径が8～10 μm 程度であるのに対して、分散補償ファイバにおいては2～3 μm 程度に設定される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

コア及びクラッドを有する光ファイバの製造方法として、チューブ内にロッドを挿入し、加熱によって両者を融着一体化させて光ファイバ母材を製造するロッドインコラプス法（ロッドインチューブ法）が知られている（例えば特開昭60-33225号）。この製造方法は、製造効率や歩留まりなどの点ですぐれている。

【0005】

しかしながら、上記したような構造を有する分散補償ファイバの製造にこのロッドインコラプス法を適用した場合、コアロッドがシングルモード光ファイバの場合と比較して細く、かつ屈折率差を大きくするためにゲルマニウムなどのドーパントの濃度が高く形成されているので、コラプスのための加熱によりコアロッドの変形による非円化が生じやすく、また、気泡の残留などの問題も発生しやすい。さらに、コラプスのための加熱はチューブの外周から行われるが、コラプスに十分な加熱をするための加熱温度を高くする必要があり、これによってチューブの温度が高温となって、チューブの外周部が変形しやすくなり、周方向の微少な温度変化等を反映して非円化を生じる原因となる。

【0006】

特に、このような分散補償ファイバを、伝送容量を大容量化すべく、互いに異なる波長の信号光成分を多重化する波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplex）方式による通信に使用する場合、偏波モード分散（PMD）を小さい値に抑えることが重要となる。この偏波モード分散は、コアまたはクラッドの形状の真円からのずれである非円度が大きくなることによってその値が増大するので、偏波モード分散の値を小さくするためには、コア及びクラッドの製造時における変形を抑制して、より真円に近い構造を有するファイバとすることが必要である。

【0007】

本発明は、以上の問題点に鑑みてなされたものであり、光ファイバ製造時におけるコア及びクラッドの真円からの変形等を抑制することができる分散補償ファイバの製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明による分散補償ファイバの製造方法は、少なくともゲルマニウムが添加された石英ガラス系のコアと、コアの外周に設けられた石英ガラス系のクラッドとを有する分散補償ファイバの製造方法において、コアロッド部材を第1クラッドチューブ部材に挿入し、熱源で加熱し一体化して第1コラプス体を形成する第1の工程と、第1コラプス体を延伸した後、第2クラッドチューブ部材に挿入し、熱源で加熱し一体化して第2コラプス体を形成する第2の工程と、第2コラプス体の外周にジャケット層を合成して、プリフォームを形成する第3の工程と、プリフォームを線引してファイバ化する第4の工程とを少なくとも有することを特徴とする。

【0009】

このように、プリフォーム形成時に行われる、ロッド及びチューブを熱源で加熱し一体化するロッドインコラプスの工程を2段階に行うことによって、1回のコラプス、特に光伝送の効率に大きく影響する領域が形成される第1段階のコラプスにおける倍率を低減させて、製造時でのコア及びクラッドの真円からの変形

とそれによる非円度の増大等を抑制させることができる。ここで、コラプスにおける倍率とは、挿入するロッドの外径に対するチューブの外径の比率である。したがって、第1の工程における倍率は、コアロッド部材の外径に対する第1クラッドチューブ部材の外径の比率であり、また、第2の工程における倍率は、延伸された第1コラプス体の外径に対する第2コラプス体の外径の比率である。

【0010】

また、第1の工程の終了時において、第1コラプス体の外径が、第1コラプス体のコアに相当する部分の外径の4.5倍以上6.5倍以下であることを特徴としても良い。このように第1段階のコラプスでの倍率を4.5倍以上とすることによって、2段階でのコラプスで所定のコア及びクラッド構造を有する分散補償ファイバを形成可能な倍率を確保しつつ、かつ、6.5倍以下とすることによって、製造時におけるコア及びクラッドの変形を十分に抑制することができる。すなわち、4.5～6.5倍に範囲を設定することによって、特に良好な偏波モード分散特性を有する分散補償ファイバとすることができる。また、この範囲内においても特に5倍以上6倍以下の範囲を用いることがさらに好ましい。

【0011】

さらに、第2の工程の終了時において、第2コラプス体の外径が、第2コラプス体のコアに相当する部分の外径の14倍以上であることを特徴としても良い。第2段階のコラプスを、このような比率によって行うことによって、良好な分散補償ファイバを形成することができる。なお、ここで規定した比率はコア相当部分に対するものであって、第2段階のコラプスでの倍率は第1段階での倍率及びその後の処理方法等によるが、この第2段階のコラプスでの倍率は、ある程度大きくなった場合においても、その領域はコア領域から十分に離れているので、光伝送に対する影響は小さい。

【0012】

第1の工程において用いられる熱源は、電気ヒータであることが望ましい。あるいは、 H_2 、 CH_4 または C_3H_8 などの燃料、及び、 O_2 または空気、を用いた火炎であることが望ましい。

【0013】

特に、 H_2/O_2 などによる火炎はその制御性に優れており、これを熱源として用いることによって、コラプスの制御性と一様性を高めて、コア及びクラッドの変形をさらに抑制することができる。

【0014】

また、第2の工程において、延伸した第1コラプス体の外周の厚さ1.0mm以上2.5mm以下の部分をHF溶液でエッチングした後、第2クラッドチューブ部材に挿入することを特徴とする。

【0015】

上記した制御性の良い H_2/O_2 などによる火炎を熱源として用いた場合、加熱によるコラプス時にチューブの外周に光吸収の原因となるOH基が浸入し、伝送損失の増大の原因となることがある。これに対して、OH基が浸入した第1コラプス体の外周部分を所定の厚さエッチングすることによって、OH基が存在する部分を除去し、伝送損失の劣化を防ぐことができる。また、上記した1.0mm以上2.5mm以下の範囲内においても特に1.4mm以上2.3mm以下とすることがさらに好ましい。このようにエッチングを行った場合、第1段階のコラプスでの倍率は、例えば3～4倍程度に実質的に小さくされる。なお、コアロッドのHF溶液によるエッチングについては、例えば特開昭60-33225号に記載されている。

【0016】

また、第2の工程において用いられる熱源は、電気ヒータを用いることができる。あるいは、 H_2 、 CH_4 または C_3H_8 などの燃料、及び、 O_2 または空気、を用いた火炎を用いることができる。

【0017】

第1クラッドチューブ部材については、フッ素が所定量添加された石英ガラスからなる部材とすることが望ましい。コア部となるコアロッド部材においては、ゲルマニウムをドーピングすることによってその屈折率を増加させているのに対して、第1クラッド部となる第1クラッドチューブ部材においては、フッ素をドーピングすることによってその屈折率を減少させて、良好な特性を有する分散補償ファイ

バとすることができる。

【0018】

これに対して、第2クラッドチューブ部材については、フッ素が所定量添加された石英ガラスからなる部材とすることによって、正の分散スロープを有する分散補償ファイバとすることができる（例えば特開平10-62641号）。また、純石英ガラスまたは塩素が所定量添加された石英ガラスからなる部材とすることによって、負の分散スロープを有する分散補償ファイバとすることができる（例えば特開平9-127354号）。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、図面と共に本発明による分散補償ファイバの製造方法の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0020】

図1は、本発明による製造方法によって形成・製造される分散補償ファイバの断面構造、及びファイバ径方向（図中の線Lで示された方向）の屈折率プロファイルを示す図である。ただし、特に屈折率プロファイルについては、本発明によって得られる分散補償ファイバの屈折率プロファイルの一例を示したものであって、製造後の分散補償ファイバの使用条件等に応じて、様々な屈折率プロファイルを有するものを製造することが可能である。

【0021】

ファイバの中心部には、所定の基準軸に沿って伸びて形成された、光伝送のコア領域となるコア部1があり、その外周に、第1クラッド部2、第2クラッド部3、及びジャケット部4が順次形成されている。屈折率プロファイルについては、その横軸は、図中の断面構造に示された線Lに沿った、コア部1の中心軸に対して垂直な断面上の各位置に相当し、コア領域1aはコア部1の線L上の領域、第1クラッド領域2aは第1クラッド部2の線L上の領域、第2クラッド領域3aは第2クラッド部3の線L上の領域、ジャケット領域4aはジャケット部4の線L上の領域、にそれぞれ対応している。また、屈折率プロファイルの縦軸は、

純石英ガラス (SiO_2) の屈折率を基準とした比屈折率差を示し、純石英ガラスの屈折率基準値は点線によって示されている。

【0022】

以下に、このような分散補償ファイバの、本発明による第1～第4の工程を有する製造方法の一実施形態について、図2(a)～(d)を用いて説明する。なお、各工程の内容については、発明者らが行った実施例に基づいて具体的に示すが、それらの条件、例えばドーパントや各部の径とその倍率等、については以下に示すものに限られるものではなく、同様の工程を実現可能なものであれば、他の形態のものを用いることが可能である。

【0023】

第1の工程

第1の工程においては、図2(a)に示すように、コアロッド部材10と、第1クラッドチューブ部材20とから、第1コラプス体の形成が行われる。

【0024】

コアロッド部材10の母材となるコア母材は、 GeO_2 をドープ（屈折率は増加する）し、VAD (Vapor phase axial deposition) 法によって、純石英ガラスに対する比屈折率差が例えば $\Delta n = 2.5\%$ となるように合成され、得られたコア母材は脱水・焼結されて、ガラス化したコア母材が得られる。このコア母材をヒータによって加熱・軟化させて延伸を行い、約5mm径のコアロッド部材10が形成された。

【0025】

一方、第1クラッドチューブ部材20としては、フッ素を例えば0.35%ドープ（屈折率は減少する）し、外径25mm、内径4mmのチューブ状の形状としたものを用いた。このようなチューブは、例えばVAD法またはOVD (Outside vapor phase deposition) 法によってスス母体を合成して、 SiF_4 または SF_6 などのフッ素原料の雰囲気中での加熱・焼結によって形成した後、その形状をチューブ状に加工することによって得ることができる。また、チューブ状のスス母体を合成し、これをフッ素添加・焼結する方法を用いても良い。また、ゾル・ゲル法、またはガラス微粒子を成形してスス母材を合成しても良い。

【0026】

第1クラッドチューブ部材20に設けられた孔200にコアロッド部材10が挿入されて、第1段階のロッドインコラプスが行われる。コアロッド部材10に対しては、第1クラッドチューブ部材20の孔200に挿入される前処理として、外周の洗浄が行われた。また、必要があれば、コアロッド部材10の外周を研削して真円に加工する処理、または、表層を清浄にするためにHFを用いて洗浄する処理、などの前処理をさらに行っても良い。

【0027】

前処理されたコアロッド部材10を第1クラッドチューブ部材20の孔200に挿入した後のコラプスにおいては、 H_2/O_2 による火炎を熱源として加熱・一体化を行った。 H_2/O_2 火炎は制御性に優れており、これによって安定した状態の火炎による加熱・コラプスを行って、一体化の一様性・等方性を確保し、コラプス工程による各部の非円化（真円からのずれ）を抑制することができる。なお、熱源である火炎に関しては、燃料である H_2 については、例えば CH_4 または C_3H_8 などであっても良い。また、 O_2 については、空気を用いても良い。また、電気ヒータなどを用いることも可能である。合成された第1コラプス体の外径は23mmである。また、本実施例においては、第1コラプス体の外径は、コア部分の外径の5.5倍であり、4.5～6.5倍の条件を満たしている。

【0028】

第2の工程

第2の工程においては、図2（b）に示すように、第1コラプス体60と、第2クラッドチューブ部材30とから、第2コラプス体の形成が行われる。

【0029】

第1の工程によって形成された第1コラプス体は、再び H_2/O_2 火炎によって加熱されて延伸され、例えば外径7.5mmの延伸された第1コラプス体を得られる。次いで、この延伸された第1コラプス体をHF溶液（10～25%）に入れ、厚さ1.0mm～2.5mmの範囲で所定厚さのエッチングを行い、最終的に第2段階のロッドインコラプスに用いられる第1コラプス体60が得られた。

【0030】

一方、第2クラッドチューブ部材30としては、例えば第1クラッドチューブ20と形状及び製造方法が同様のものが用いられる。この第2クラッドチューブ部材30に設けられた孔300に、延伸されエッチング処理された第1コラプス体60が挿入されて、第1段階と同様に H_2/O_2 火炎を用いて第2段階のロッドインコラプスが行われ、第2コラプス体が合成される。なお、熱源としては、第1の工程と同様に電気ヒータなどを用いても良い。

【0031】

第3の工程

第3の工程においては、図2(c)に示すように、第2コラプス体70の外周にジャケット層40を合成することによって、プリフォームの形成が行われる。

【0032】

第2の工程によって形成された第2コラプス体70の外周に、光ファイバの分散特性が所定の値となるように設計されたジャケット層40を合成して、プリフォームが形成される。ジャケット層40は、例えばVAD法またはOVD法などの気相合成法によって第2コラプス体70の外周にスス体を合成し、加熱・焼結することによって得られる。また、再度コラプスを行ってジャケット層の合成を行っても良い。なお、ジャケット層40は例えば第1クラッドチューブ部材20及び第2クラッドチューブ部材30と同様のフッ素添加のものとしても良い。また、第2コラプス体70の外径をコア部分の外径の1.4倍以上としておくことによって、第2コラプス体70の表層の位置は、光が伝送される領域より充分に外側となるため、OH基の影響はほとんど問題とならない。

【0033】

第4の工程

第4の工程においては、図2(d)に示すように、上記の第1～第3の工程によって作製されたプリフォーム80を線引しファイバ化することによって、例えばファイバ径 $100\mu m$ 、被覆径 $150\mu m$ の分散補償ファイバ90が形成・製造される。これによって最終的に、コアロッド部材10、第1クラッドチューブ

部材 20、第 2 クラッドチューブ部材 30、及びジャケット層 40 から、それぞれ図 1 に示した分散補償ファイバにおけるコア部 1、第 1 クラッド部 2、第 2 クラッド部 3、及びジャケット部 4 が形成される。

【0034】

以上説明した実施例においては、コラプスのための熱源として、 H_2/O_2 火炎を用いている。この場合、加熱時にチューブ外周に OH 基が浸入してしまい、特に第 1 コラプス体の外周部分については、光伝送の損失に大きく影響する。図 3 に、延伸後の第 1 コラプス体（外径 7.5 mm）についてファイバ径方向の OH 基含有量分布の測定結果を示す。本実施例においては、第 1 コラプス体の表面から厚さ約 1.2 mm の範囲に OH 基が含有されていることがわかる。

【0035】

このような OH 基は光吸収による伝送損失の増大の原因となるので、上記したようにエッチングによって OH 基を含有する層を除去することが望ましい。エッチングの効果を確認するために、エッチング厚さを（a）0.9 mm（エッチング後の外径 5.4 mm）、（b）1.0 mm（外径 5.2 mm）、及び（c）1.4 mm（外径 4.4 mm）の 3 つの条件によってエッチングを行って、形成されたファイバの伝送損失を波長 1.38 μm に対して測定したところ、その値はそれぞれ（a）5.6 dB/km、（b）3.7 dB/km、及び（c）1.5 dB/km であった。

【0036】

この測定結果より、エッチング厚さが厚くなるほど、伝送損失が改善されていることがわかる。また、（a）～（b）間での厚さに対する伝送損失の変化量は、（b）～（c）間での変化量に比べて非常に大きく、エッチング厚さを薄くするにしたがって、伝送損失が急激に悪化している。一方、エッチング厚さが厚すぎると、十分なコラプスの倍率が得られないこととなり、また、表面の平滑性を保てないなど、製造上好ましくない。以上から、エッチングの厚さは 1.0～2.5 mm の範囲であることが望ましい。なお、例えば電気ヒータなどを熱源として用いた場合には OH 基の浸入がないので、エッチングを行わなくても良い。

【0037】

また、上記の実施例において、得られた偏波モード分散の値は $0.1 \text{ ps} \cdot \text{km}^{-1/2}$ と良好な偏波モード分散特性が得られた。

【0038】

次に、第1コラプスにおける倍率による特性の変化をみるために、比較例として倍率を1.7倍と大きくして、1段階のロッドインコラプスのみで分散補償ファイバの形成を行ったところ、伝送損失は 2 dB/km と良好であったが、偏波モード分散は $0.4 \text{ ps} \cdot \text{km}^{-1/2}$ と悪い結果が得られた。これは、コラプスの倍率が大きすぎたために、コラプス時に変形が生じたものと考えられる。逆に、第1コラプスにおける倍率を3.5倍と小さくし、第2コラプスにおける倍率を6.8倍として、2段階でのロッドインコラプスによって分散補償ファイバの形成を行った。また、第2コラプス体の外径のコア部分の外径に対する倍率は1.5倍であった。この比較例においては、延伸後の第1コラプス体に対して厚さ 1.4 mm のエッチングを行ったため、伝送損失は 1.4 dB/km と良好であったが、この場合においても偏波モード分散は $0.3 \text{ ps} \cdot \text{km}^{-1/2}$ と変形による悪化が見られた。以上より、第1コラプスにおける倍率は $4.5 \sim 6.5$ 倍の範囲であることが望ましい。

【0039】

本発明による分散補償ファイバの製造方法は、上述した方法・構成に限られるものではなく、様々な変更が可能である。

【0040】

例えば、上記した実施例においては、第2クラッドチューブ部材30及びジャケット層40を第1クラッドチューブ部材20と同様のフッ素添加（屈折率は減少）のものとした。この場合、得られる分散補償ファイバの屈折率プロファイルは図1に示したものになり、その分散補償ファイバの分散スロープは正となる。この屈折率プロファイルについては、この例に限られるものではなく、求められる分散補償ファイバの諸特性にしたがって、各領域へのドーパントの種類やその添加量を変更・選択することによって、例えば2重クラッド、または3重クラッド構造などの様々な屈折率プロファイルを有する分散補償ファイバとすることが

できる。例えば、第2クラッドチューブ部材30を純石英ガラス、または塩素添加（屈折率は増加）のものとして、第1クラッド領域2a及びジャケット領域4aに対して、第2クラッド領域3aの屈折率が高くなった構成とすることも可能である。この場合、得られる分散補償ファイバの分散スロープは負となる。

【0041】

【発明の効果】

本発明による分散補償ファイバの製造方法は、以上詳細に説明したように、次のような効果を得る。すなわち、ロッドインコラプス法によって分散補償ファイバを形成・製造する方法において、コラプスを、第1段階のコラプスを行う第1の工程と、第2段階のコラプスを行う第2の工程とによって2段階として行うことによって、1回のコラプスでの倍率の値を低減させて、製造時において、コア及びクラッドの変形を抑制することができる。コア及びクラッドの変形による非円化（真円からのずれ）は偏波モード分散の増大の原因となるが、このような製造方法を用いることによって、良好な偏波モード分散特性を有する分散補償ファイバを得ることが可能となる。このことは、特にWDM方式による通信において重要な意味を持つ。

【0042】

また、コラプス工程における熱源として例えば制御性に優れている H_2/O_2 火炎を用いることによって、変形をさらに抑制することが可能となる。この場合、コラプス時におけるコラプス体の外周部分へのOH基の浸入が問題となるが、HF溶液によるエッチングによってOH基の浸入部分を除去することによって、良好な偏波モード分散特性を有すると同時に、伝送損失の増大を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る分散補償ファイバの製造方法によって製造される分散補償ファイバの断面構造及びファイバ径方向の屈折率プロファイルを示す図である。

【図2】

本発明に係る分散補償ファイバの製造方法を説明する図であり、（a）は第1

の工程、(b)は第2の工程、(c)は第3の工程、(d)は第4の工程を示す。

【図3】

第1コラプス体におけるOH基の含有量をファイバ径方向について示すグラフである。

【符号の説明】

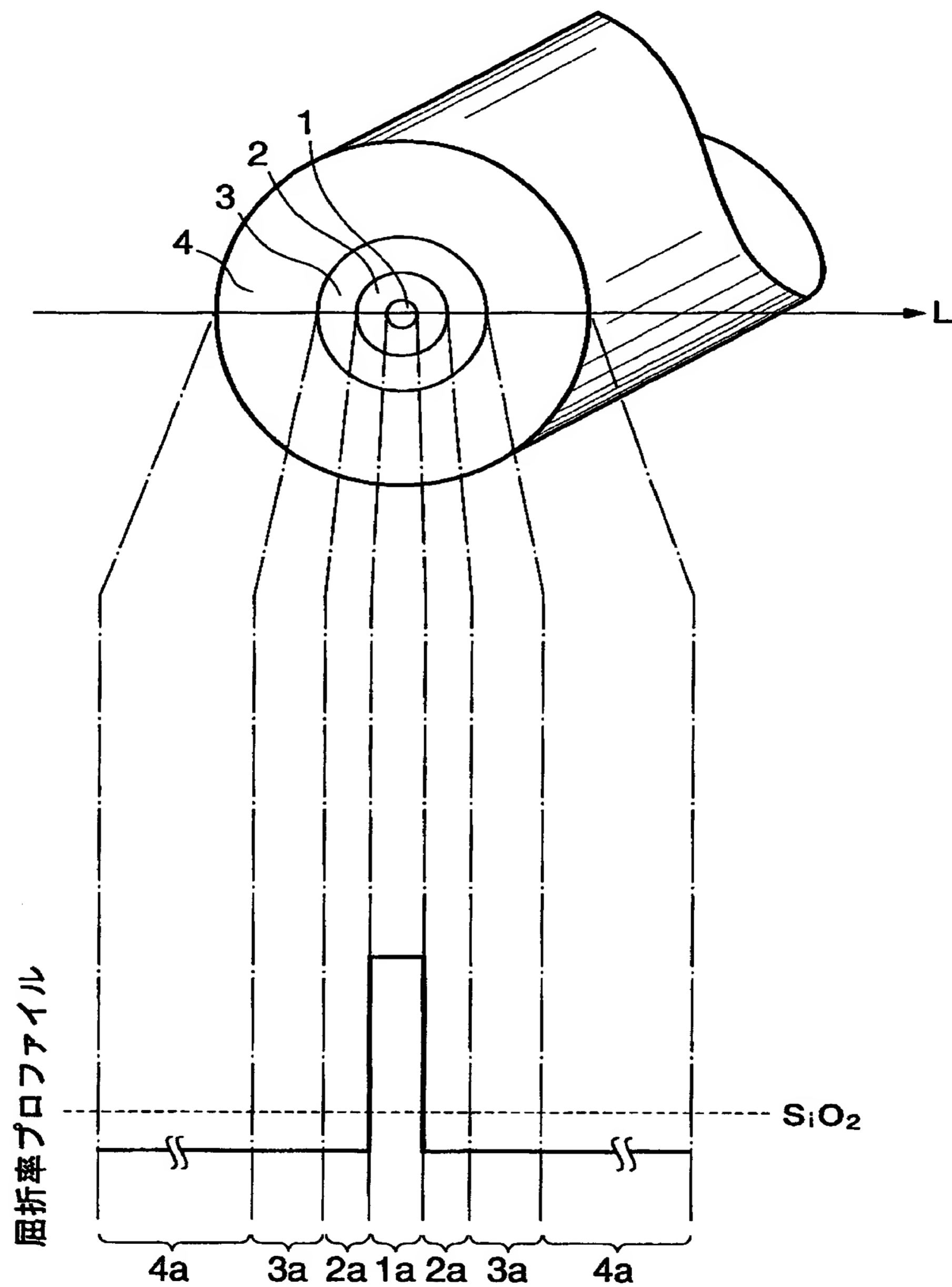
1…コア部、1a…コア領域、2…第1クラッド部、2a…第1クラッド領域、3…第2クラッド部、3a…第2クラッド領域、4…ジャケット部、4a…ジャケット領域、

10…コアロッド部材、20…第1クラッドチューブ部材、200…孔、30…第2クラッドチューブ部材、300…孔、40…ジャケット層、60…第1コラプス体、70…第2コラプス体、80…プリフォーム、90…ファイバ。

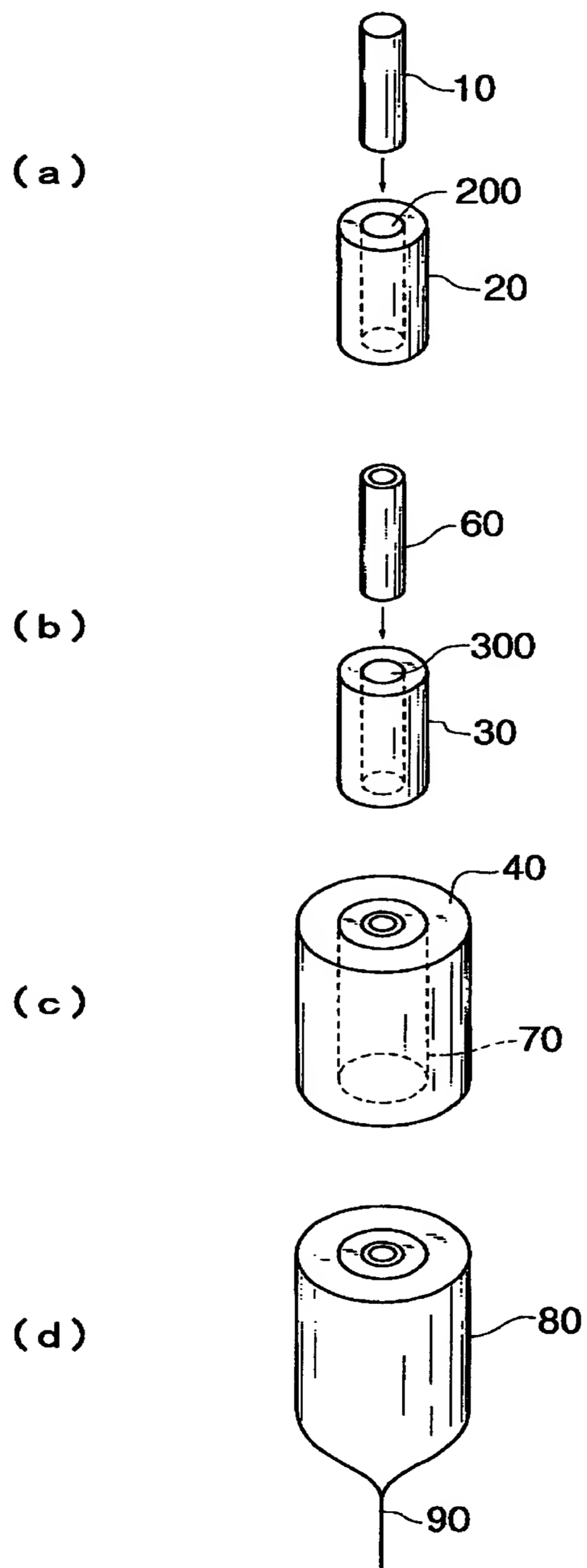
代理人弁理士 長谷川 芳樹

【書類名】 図面

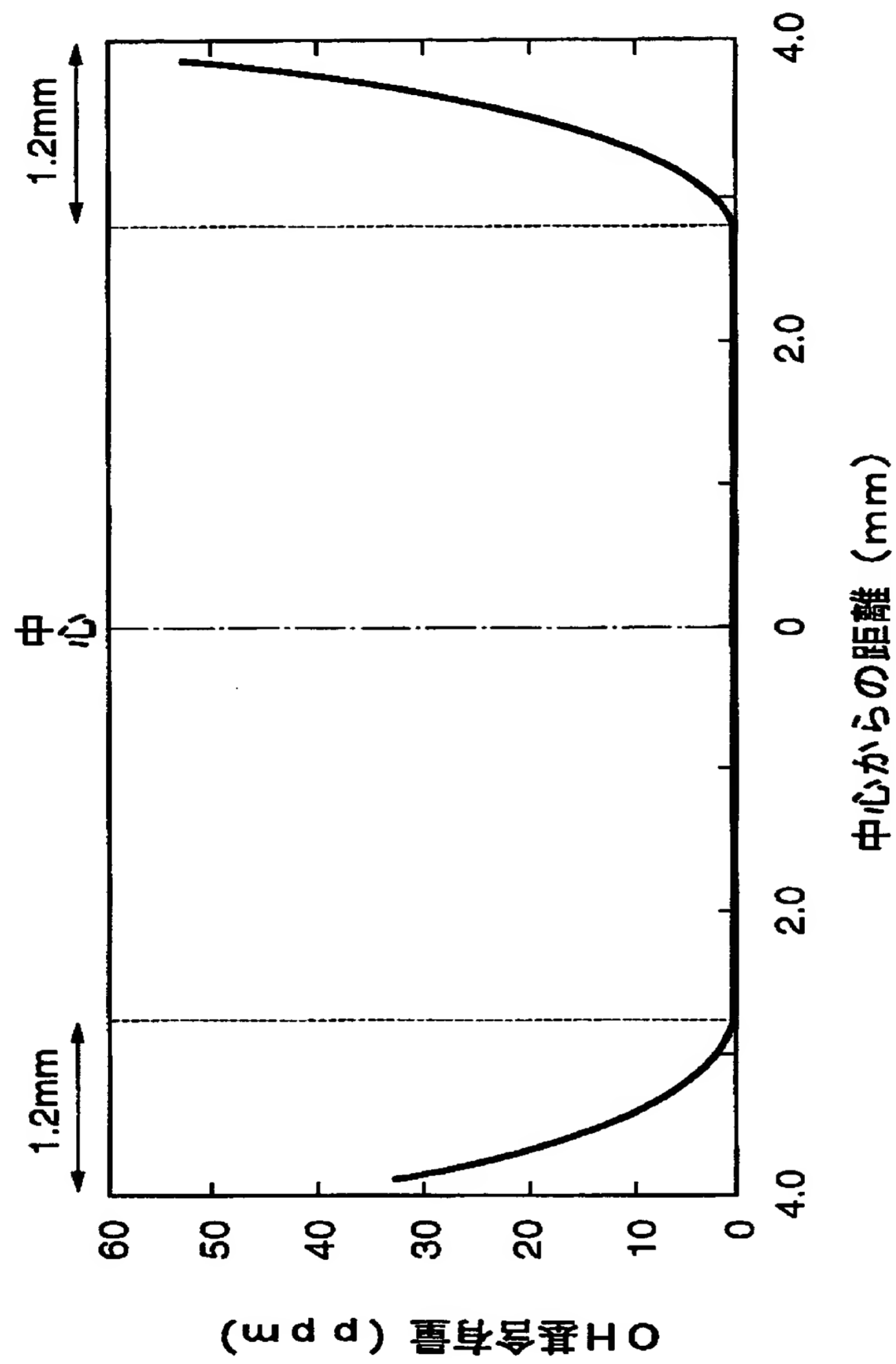
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造時におけるコア及びクラッドの真円からの変形が抑制される分散補償ファイバの製造方法を提供する。

【解決手段】 ロッドインコラプス法においてプリフォーム形成時に行われるコラプスの工程を、コアロッド部材と第1クラッドチューブ部材のコラプスによって第1コラプス体を形成する第1の工程と、第1コラプス体と第2クラッドチューブ部材のコラプスによって第2コラプス体を形成する第2の工程の2段階として行うことによって、1回のコラプスの倍率を低減して、コラプス時における加熱等に起因する変形によるコア及びクラッドの非円化を抑制することができる。これによって、特にWDM方式による通信において重要となる偏波モード分散特性が良好である分散補償ファイバを得ることが可能となる。

【選択図】 図1

【書類名】
【訂正書類】

職権訂正データ
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000002130

【住所又は居所】

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

【氏名又は名称】

住友電気工業株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100088155

【住所又は居所】

東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6階 創英国際特許事務所

【氏名又は名称】

長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】

100089978

【住所又は居所】

東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6階 創英国際特許事務所

【氏名又は名称】

塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】

100092657

【住所又は居所】

東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6階 創英国際特許事務所

【氏名又は名称】

寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】

100094318

【住所又は居所】

東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6階 創英国際特許事務所

【氏名又は名称】

山田 行一

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名 住友電気工業株式会社